

高端智能毛纺集聚纺自动落纱细纱机的开发与研究

陈祖英，吴奕宏，高 勇，吴昶澄，唐正永，张 志，刘宋伟，李 琦

（江阴市华方新技术科研有限公司，江苏 无锡 214421）

【摘 要】为了满足现代毛纺企业的迫切需求，彻底解决国内原有毛纺细纱机采用的纯机械式牵伸、升降的多种缺陷，开发与研究出了新一代高端智能毛纺集聚纺自动落纱细纱机，具有电子牵伸、电子升降、集聚纺、自动落纱长车、单锭式电锭驱动、断头检测及断头自停技术，触摸屏数字控制及智能化网络通讯技术，机电一体化水平大幅提升，并提高了毛纺纱线和织物的质量。机器适纺功能更强，除可纺精纺毛纺外，还可以进行半精纺纺纱，这是创新，适纺原料广，可纺羊毛、羊绒、丝、天丝、涤纶、腈纶等多种纤维的纯纺或混纺。通过与国内外多种机型同工艺纺纱对比，纺纱质量产量达到国际先进水平。

【关键词】毛纺细纱机；集聚纺；自动落纱；电子牵伸；电子升降；高端智能；低噪音；低能耗；电锭；断头自停；触摸屏；网络通讯

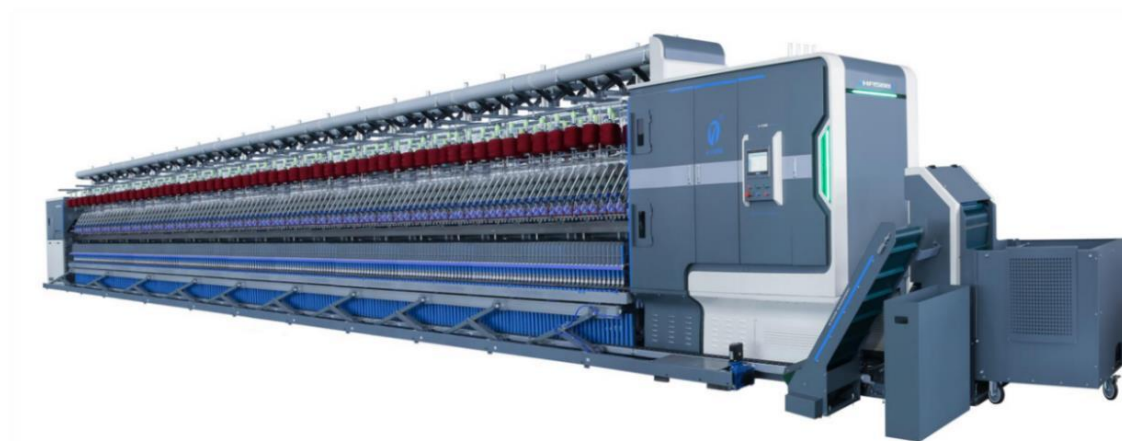
前 言

江阴市华方新技术科研有限公司承担的中国纺织工业联合会科技指导性项目《HF1588JL 毛纺细纱机》于 2022 年 8 月 25 日在甘肃省兰州三毛实业有限公司通过了中国纺织工业联合会组织的科技成果鉴定，专家一致认为“该项目自主创新强，所研制的 HF1588JL 型毛纺细纱机填补了国内空白，项目整体技术水平达到国际先进水平。”

一、高端智能毛纺集聚纺自动落纱细纱机

2016 年《纺织机械行业“十三五”发展指导性意见》“59 项科技攻关项目”其中就有“毛纺自动落纱集聚纺细纱机”，缩短与国外毛纺细纱机的技术差距。

HF1588JL 型毛纺细纱机是集高端智能、高速、高效、高质量、节能、环保于一体的四罗拉负压式集聚纺细纱机长车，全机最大锭数 1188 锭，总长 50695 mm，全机外形图如下图一。



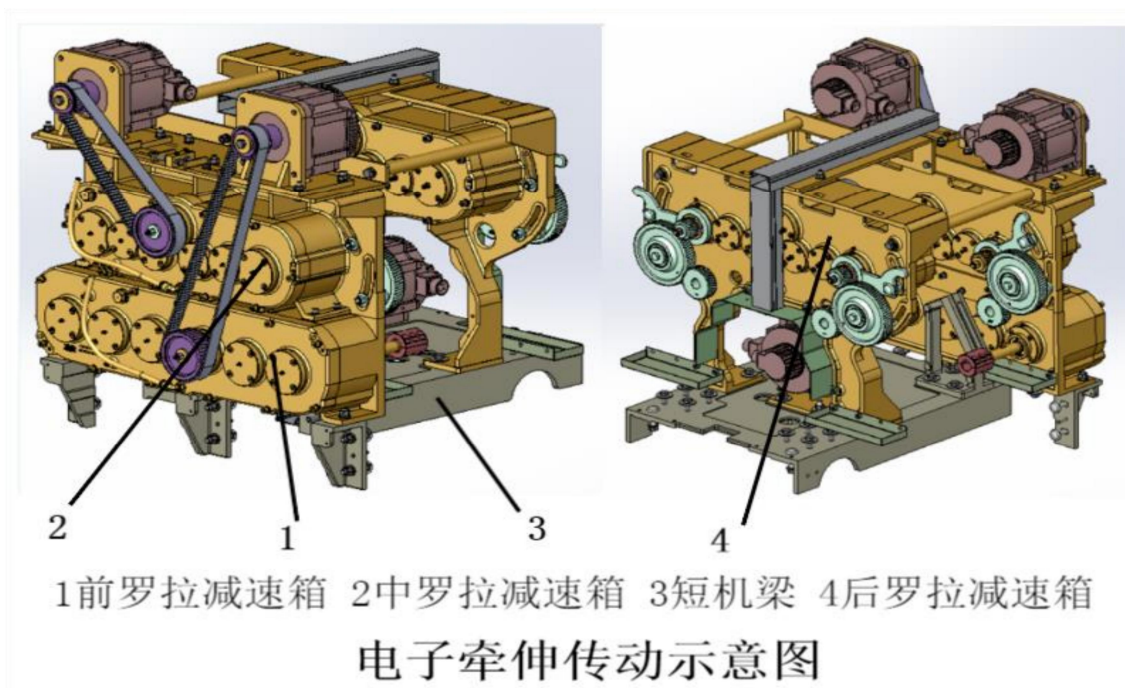
图一 HF1588JL 型毛纺细纱机外形图

该机由如下关键技术及创新点。

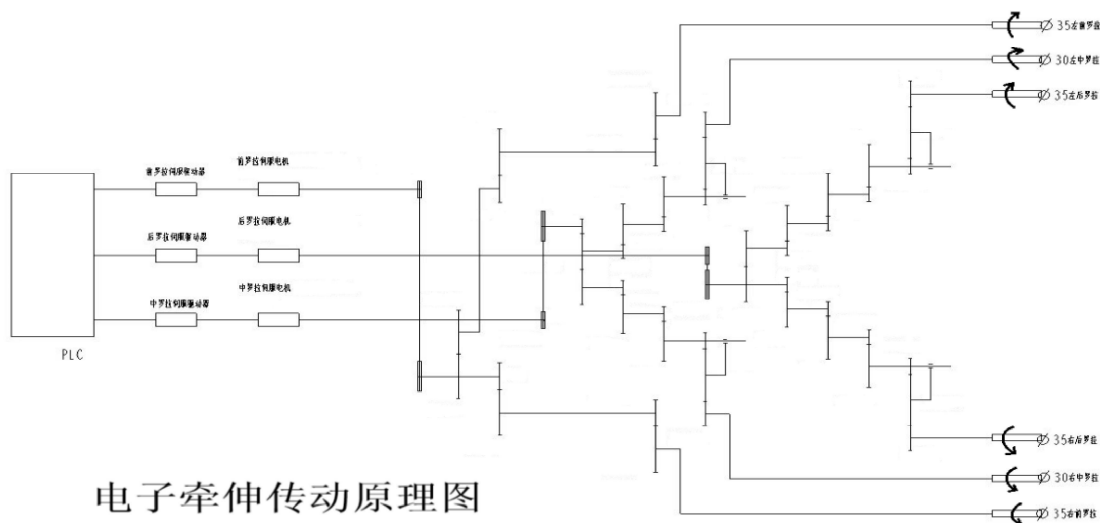
1、电子牵伸^{[2][3][4]}

前、中、后三列罗拉分别由三个独立驱动的油浴式齿轮减速箱传动和单独控制伺服电机控制，改变牵伸工艺时可通过触摸屏或远程输入数据均可，方便快捷，牵伸传动比无级可调，精准传动，稳定可靠，使用寿命十年以上。

前罗拉减速箱为二级减速传动，一个进轴，二个左右对称的出轴，分别传递给左右对称的前罗拉，用联轴器直联方式传动。中后罗拉由于工艺要求运转较慢，其传动箱采用了3级减速传动，由于前、中、后罗拉隔距根据纺纱工艺要求要进行调整，所以中后罗拉齿轮与中后罗拉轴端齿轮之间是通过一个大直径的过桥齿轮来联接，传动方式详见图二。牵伸传动原理图，详见图三。



图二 电子牵伸传动示意图

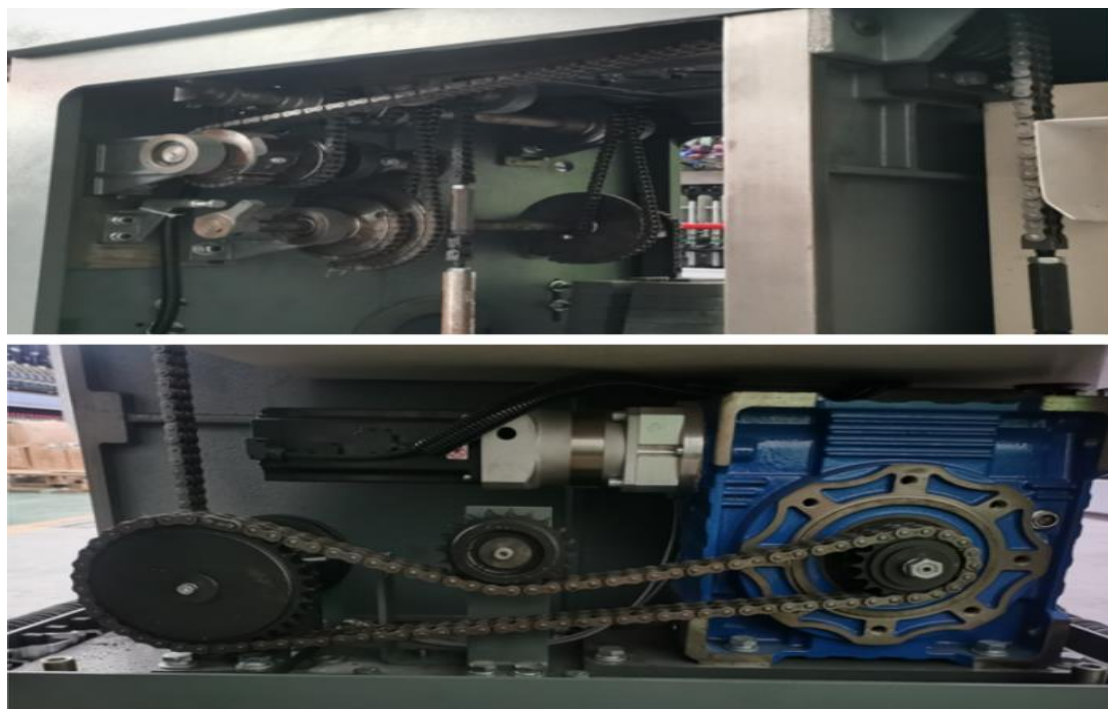


电子牵伸传动原理图

图三 电子牵伸传动原理图

2、电子升降

钢领板、导纱板、气圈环三路升降采用相互独立且精准协同配合的电子升降，由伺服电机驱动总减速比为 300:1 的减速箱，配重锤平衡装置，结构稳定可靠，纺纱级升值根据纺纱支数系统精准确定，也可人工修正，结构稳定、可靠，管纱成形良好，高速退解顺利，实现了用户提出的 1200~2000 m/min 的络筒退解速度，使用高位始纺原理，有效改善了开车断头，降低了挡车工的劳动强度，节约了纺纱原料，提高了制成率。电子升降示意图如下图四。



图四 电子升降示意图

3、集聚纺纱技术

采用四罗拉新三代异形管网格圈负压式集聚纺纱技术，网格圈张力控制采用双控式双弹管自调平衡张力架，张力稳定，一致性好。负压管采用下吸风双吸口，确保 6 锭一节的集聚槽压力一致性和稳定性。负压管采用不锈钢工艺扣片形式，表面更耐磨，切换品种更灵活方便。集聚纺纱线强力好，毛羽少。

集聚纺纱去除了传统环锭纺纱加捻三角区在须条加捻前改变了纤维的排列及分布情况，使纤维紧密集聚，减少了纺纱毛羽，提高了纱线的强力，显著提升了纱线品质和性能，有效地净化了生产环境，也为后续加工工序提供了良好的条件；同时能减少纺纱断头，提高原料的利用率，降低成本，提高了纺纱效率，为生产高档毛纺织品提供了有力保证。

在原二代管的基础上，根据对异形管纺纱断面研究和空气动力学研究，网格圈传动方式的改进，形成了目前广泛应用的三代异形管，深受用户欢迎。

二代管、三代管纺纱质量对比实验数据见下表一。

表一 二代管、三代管试验对比数据表

品种	异形管	条干 CV%	-50%	+50%	+200%	毛羽 H	单纱强力 (cN)
100Nm	华方二代管	21.81	599	162	60	2.26	247.58
80/20 毛涤	华方三代管	21.34	542	146	102	2.23	248.24
品种	异形管	条干 CV%	-50%	+50%	+200%	毛羽 H	单纱强力 (cN)
JC21Ne	华方二代管	10.52	0	5	12	3.85	683.12
	华方三代管	10.33	0	4	10	3.78	687.25
品种	异形管	条干 CV%	-50%	+50%	+200%	毛羽 H	单纱强力 (cN)
JC60Ne	华方二代管	12.79	2	17	21	2.31	297.54
	华方三代管	12.68	2	18	20	2.24	295.33
品种	异形管	条干 CV%	-50%	+50%	+200%	毛羽 H	单纱强力 (cN)
JC100Ne	华方二代管	13.76	8	20	28	1.82	192.47
	华方三代管	13.55	7	20	26	1.8	195.71

4、智能自动落纱系统

本机采用华方智能落纱系统，纺纱满管后机器自动落纱、自动扦空管、自动输送管纱，然后自动开车重新纺纱，落纱时间 ≤ 3 min，扦拔管率达到 100%，落纱留头率 $\geq 98\%$ ，取代人工落纱，减轻工人劳动强度，从而提高细纱机生产效率，降低生产成本，增加企业效益，落纱过程平稳，安全可靠。

5、优化的纺纱断面设计^[1]

采用 60° 的罗拉座角度， $81^\circ \sim 85^\circ$ 的大纺纱角度，输出罗拉导纱包围弧减小，浮游区小，纺纱断头率低，采用毛纺板簧摇架，高精度无机波罗拉，高弹性耐磨纺纱皮辊，纺纱质量能够达到同类机型德国青泽 451 机同等水平，为实现毛纺纺纱优质高产做好了技术准备，该机在兰州三毛纺制 102.5 Nm 高支纱锭速达到 9000 r/min 以上（纺纱原料：澳毛 70%，羊绒 11%，涤 19%）。

6、电锭技术、断头检测及断头自停技术

毛纺单锭电驱动式电锭填补了国内空白，结构简单，噪音低，节能环保，清除了锭子滚盘传动引起的紊乱气流，净化了纺纱车间工作环境，也便于更长的长车设计。

电锭与毛纺机械锭试验对比数据见下表二。

表二 电锭、环锭性能对比表

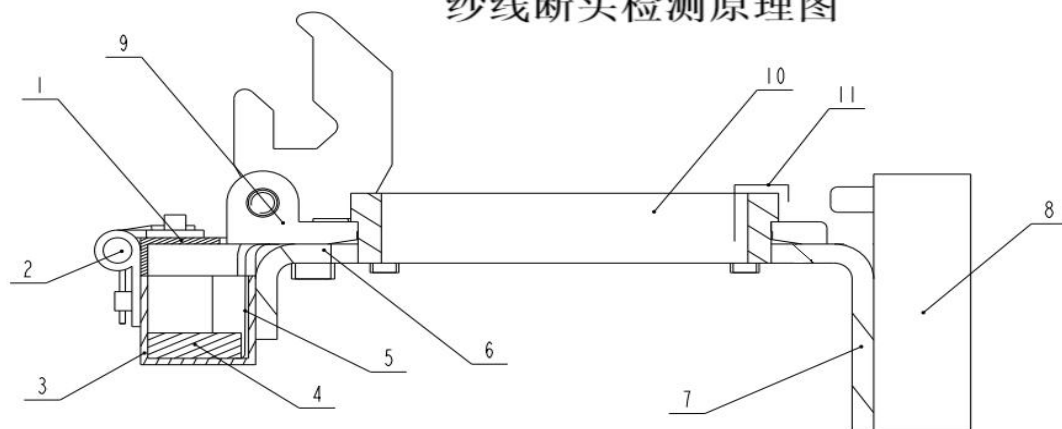
试验条件：空锭 12000 r/min 运转时					
项目	能耗 (W)	噪音 (dB(A))	锭速不匀率 (%)	振程值 (mm)	备注
锭子型号					
ZD4313B-26JL	11 (<12)	69 (<71)	1.2	0.08 (<0.10)	环锭
ZD4313BN-26JL	10 (<12)	67 (<71)	1.1	0.07 (<0.10)	电锭

断头检测与显示可减轻女工来回巡查断头的次数，减轻工人劳动强度。断头自停功能，及时防止断头后引起的罗拉卷毛等故障，方便女工操作，节约粗纱。

断头检测的原理是传感器检测纺纱运转过程中的钢丝钩，一旦出现纺纱断头，钢丝钩就停止转动，传感器检测到后马上发出断头信号，亮红灯，同时自停杆片动作，后罗拉与后皮辊之间立即停止粗纱喂入达到断头自停功能。

断头自停原理图见图五。

纱线断头检测原理图



1盖板 2铰链 3油槽 4羊毛毡 5油线 6油线管
7钢领板 8检测头 9钢领座 10钢领 11钢丝钩

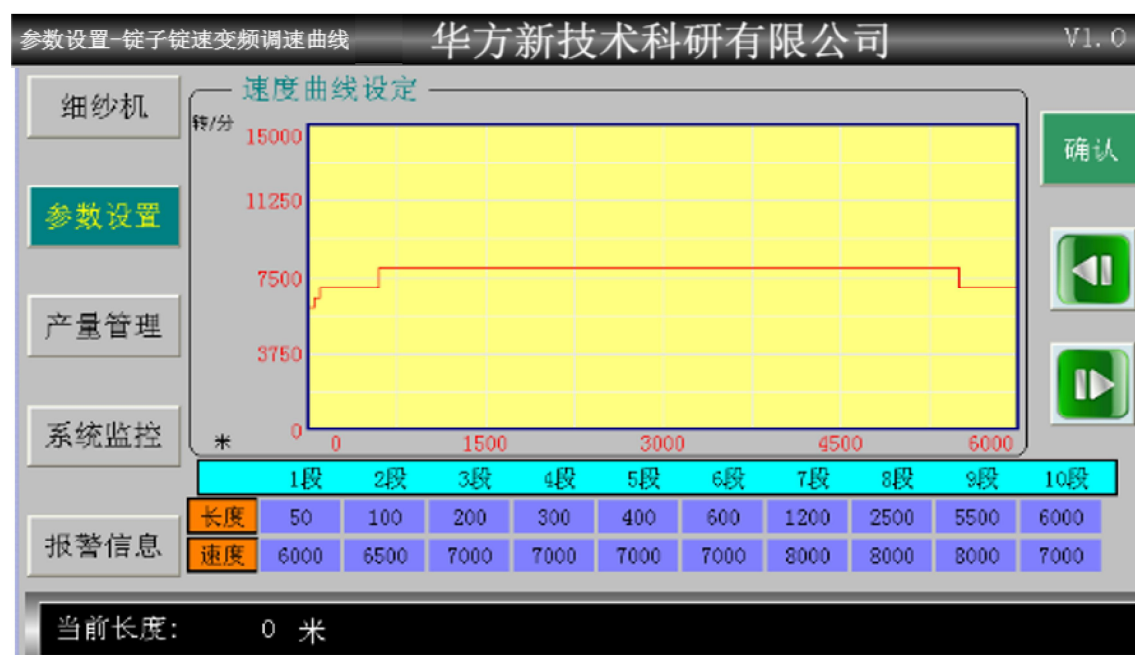
图五 纱线断头检测原理图

7、网络通讯技术

电子牵伸、电子升降系统完全是通过参数修改来控制纺纱工艺，系统预留网格数据接口，方便实现计算机联网远程控制。可实时集聚纺纱数据，同时设计有故障报警，方便操作管理。

8、触摸屏工艺^[4]

除利用互联网远程操控外，亦可通过主机触摸屏进行人机界面操作，进行锭子变频调速曲线设置，纱线成形，集体落纱，纺纱工艺设置（见图六、图七）。纺纱工艺设置可以在一分钟内完成，简称“一分钟工艺”。



图六 锭子纺纱变频调速设置



图七 纺纱工艺数据设置

二、总体性能指标

1、总体性能指标，见表三

表三 总体性能指标

名 称	单 位	参 数
锭距	mm	75
锭数	锭	108-1188，基本锭数 basic spindle NO.636
筒管长度	mm	260
适纺线密度	tex/Nm	50-8.3（20-120Nm）
适纺纤维		毛、毛型化纤的纯纺或混纺
牵伸形式		三罗拉，每节 6 锭，上短下长皮圈
集聚纺牵伸		四罗拉，网格圈，每节 6 锭，负压式
牵伸倍数	倍	10-40（无级可调）
锭子转速	RPM	空锭机械速度至 13000
锭子传动		四锭式或单锭式（电锭）
捻度	T/M	200~1260（无级可调）
粗纱卷装	mm	无捻双根φ200×200 弱捻单根φ140×410
主电机功率	kW	7.5-11-15
集聚纺负压风机功率	kW	7.5-11

纺纱产量、质量已经达到国际上青泽 451 毛纺细纱机的技术水平，纱线纺纱质量见表四、表五。

表四 纱线质量纺纱对比数据

工艺条件 (锭速:9200r/min 捻度:860t/m 粗纱定量:0.22g/m 总牵伸:21.23)								
机型	纺纱原料	支数 Nm	条干 $CV\%$	CV_b	粗节 +50%	细节-50%	毛粒+200%	毛羽值 H
华方 HF1588JL	4WP9663-CA 全毛	94	19.55	1.75	126	295	130	2.51
青泽 451C			19.52	1.78	125	292	132	2.53
意大利 IDEA			20.2	2.11	182	445	165	3.56
同和 TH588J			19.7	1.85	129	332	148	2.74
工艺条件 (锭速:8400r/min 捻度:800t/m 粗纱定量:0.26g/m 总牵伸:21.84)								
机型	纺纱原料	支数 Nm	条干 $CV\%$	CV_b	粗节 +50%	细节-50%	毛粒+200%	毛羽值 H
华方 HF1588JL	4WP80156-PT 全毛	80	21.05	1.85	115	728	123	2.51
青泽 451C			21.03	1.78	112	722	125	2.53
意大利 IDEA			22.44	2.05	240	846	136	3.05
同和 TH588J			22.19	1.89	130	805	148	2.74
工艺条件 (锭速:9200r/min 捻度:620t/m 粗纱定量:0.36g/m 总牵伸:18.0)								
机型	纺纱原料	支数 Nm	条干 $CV\%$	CV_b	粗节 +50%	细节-50%	毛粒+200%	毛羽值 H
华方 HF1588JL	4WP50182/H 全毛	48	16.38	1.65	28	52	33	2.5
青泽 451C			16.4	1.68	30	55	35	2.51
意大利 IDEA			16.76	1.75	38	90	34	3.27
同和 TH588J			16.55	1.68	34	65	40	2.71

表五 纱线质量纺纱对比数据

项目 品种	机型	$CV\%$	CV_b	粗节 +50%	细节 -50%	毛粒 +200%	毛羽值	千锭时断头 数 (个)	锭速 (r/m in)
澳毛 70%羊绒 11% 涤 19% 100Nm, 920t/m	华方 HF1588JL	20.74	1.23	116	518	46	3.07	118	8600
	青泽 451	20.70	1.22	116	502	53	3.01	117	8600
澳毛 71%涤 29% 96Nm, 920t/m	华方 HF1588JL	21.60	1.21	131	563	50	2.73	108	9500
	青泽 451	21.58	1.20	130	565	51	2.93	107	9500

2、机器的可靠性、稳定性、可操作性

由于项目设计采用了电子牵伸,电子升降,自动落纱、集聚纺、锭子传动,各部件传动独立设计又保证相互之间的精确同步,所以机械结构简单,可靠性好,操作方便。

由于毛纺细纱机长车采用 260 mm 高度纱管,配自动落纱系统,所以机器高度相对变高,操作女工普遍反映细纱接头及换粗纱太高不方便,青泽 451 前罗拉距地面中心高 1330 mm,华方 HF1588JL 前罗拉距地面中心高 1245 mm,降低了高度 85 mm,便于女工操作,该机解决

了进口毛纺细纱机尚未解决的这一关键问题。

全机自动落纱时间 ≤ 3 min, 落纱过程稳定可靠, 落纱留头率达到 98%以上, 千锭时断头率也已经达到青泽 451 的水平, 毛纺用户使用非常满意。

毛纺集聚纺集聚效果明显, 操作方便, 与环锭纺相比, 纱线强力提高 10%, 3 mm 以上有害毛羽减少 70%, 条干质量提高 $C_v\%0.2$ 以上, 断头率降低 60%以上, 纱线成形良好, 高速退解顺利。

三、国内外同类先进技术的比较

各种机型主要技术参数对比

序号	机型 项目	HF1588JL	TH588J	青泽 ZI 451	Idea (意大利)
1	锭数 (基本型)	短 108 (长 1188) (± 24 锭)	短 396 (长 636) (± 24 锭)	长 624~912	长 624
2	锭距 (mm)	75	75	75	75
3	升降动程 (mm)	230	230	230	230
4	纱管高度 (mm)	260	260	260	260
5	钢领直径 (mm)	$\Phi 51/\Phi 48$	$\Phi 51/\Phi 48$	$\Phi 51/\Phi 48$	$\Phi 51/\Phi 48$
6	适纺线密度 (tex/Nm)	50~8.3/20~120	50~8.3/20~120	50~8.3/20~120	50~8.3/20~120
7	牵伸型式	三罗拉, 每节 6 锭, 上短下长皮圈 毛纺板簧摇架 毛纺弹簧摇架	同左	三罗拉, 每节 8 锭, 上短下长皮圈 毛纺弹簧摇架	同左
8	集聚纺牵伸型式	四罗拉, 负压式 网格圈, 每节 6 锭	同左	四罗拉, 负压式打孔 皮圈, 每节 8 锭	三罗拉, 负压式 空心罗拉, 每节 8 锭
9	牵伸倍数	常规 10~40, 无级可调	同左	常规 10~40, 无级可调	同左
10	锭子型式	单锭式电锭 主轴锭带式, 4 锭一组	主轴锭带传动 4 锭 1 组	龙带传动 48 锭 1 组	同左
11	集体落纱	有	无	有	有

江阴华方研制的 HF1588JL 毛纺细纱机已经具有德国青泽 451 细纱机全部功能, 并在兰州三毛工艺纺纱试验中达到了青泽 451 同等水平, 科技成果鉴定会专家一致认为“机器整体水平达到国际先进水平”。

四、对社会发展和科技进步的意义

HF1588JL 毛纺细纱机是国内首台套智能化长车设备, 填补国内空白, 具有国内领先水平, 国际先进水平, 完全可以替代进口, 是毛纺细纱机进行技术改造的最佳选择。青泽 451 细纱

机交货期要 1.5~2 年时间,满足不了毛纺厂的需求,我公司交货期为三个月,而且服务周到,零配件供应方便,国内用户服务 48 小时内可到达。华方 HF1588JL 毛纺细纱机还具有价格优势,售价仅为清泽 451 的 2/3 左右。

按年产 50~80 台(636 锭/台)计算,公司年销售可达 6000~9600 万元,利润 1800~3000 万元,增加税收 300~510 万元,增加劳动用工 50 人。该机噪音低,自动化程度高,纺纱工艺可通过触摸屏控制和远程控制,工人劳动强度低,可靠性好,机电一体化程度高,节约用工 30%,节能环保。

HF1588JL 型毛纺细纱机具有高端智能、数控集成远程控制、触摸屏工艺设置,智能化、数字化功能,是新一代数控一代毛纺细纱机,与传统的机械式传动细纱机有了质的飞跃,达到了国际一流毛纺细纱机的水平,为我国民族纺机做出了新贡献,即将得到很快的推广应用,为毛纺企业技术改造做出了新贡献。

五、推广应用的条件和前景

高档的毛精纺纱线、毛精纺面料,加工难度大,精度高、附加值高,所以纺高档纱线毛纺细纱机只能依赖进口。设备价格昂贵,交货期长。HF1588JL 毛纺细纱机满足了国内毛纺行业技术改造的需要。

六、结语

HF1588JL 毛纺细纱机具有高端、智能、数控集成、远程控制功能外,主要是对原料适纺性强,可纺精纺机织纱、针织纱及各种花式纱,如竹节纱(大肚纱)、松紧纱、赛络纺纱、包芯纱等,既可适纺 65~200 mm 的精纺纱,又可纺制纤维长度为 45~65 mm 的半精纺纱(前、中、后罗拉中心距作适当调整),且能适纺羊毛、羊绒、丝、涤纶、腈纶、天丝等多种纤维的纯纺或混纺,纺纱质量好,产量高,深受用户欢迎。

HF1588JL 毛纺集聚纺自动落纱细纱机具有电子牵伸、电子升降、集聚纺、自动落纱、电锭、断头检测并显示、粗纱断头自停、触摸屏数字控制工艺、远程控制智能化管理功能,与传统机械式传动细纱机相比可提高毛纺纱线及织物质量,为我国毛纺细纱机更新换代和技术改造提供了新设备,可以替代进口,为毛纺厂创造良好的经济效益,同时具有很好的社会效益,值得推广应用。

参考文献

- [1] 刘荣清, 张伟敏. 细纱机断面参数优化设计的探讨[J] 《棉纺织技术》, 2010, 38 (2): 16-18
- [2] 宋立平, 冀森彪. 细纱机多电机传动系统设计探析[J] 《棉纺织技术》, 2003, 31 (1): 27-30
- [3] 王建根. 新型数控细纱机传动设计探析[J] 《纺织机械》, 2007 (4): 39-42
- [4] 陈祖英. 数控一代毛纺集聚纺细纱机浅析[J] 《纺织器材》, 2017 (2): 50-53